

Optique

Propagation d'un rayon lumineux

Réf :
202 389

Fontaine lumineuse - Correction

Français – p 1

Version : 3112

1. Introduction

Aujourd'hui de nombreuses attractions utilisent l'eau et la lumière.



Fontaine lumineuse à Salou en Espagne

Les fontaines lumineuses pour les spectacles musicaux, les rideaux d'eau, les fontaines d'intérieures sont toutes basées sur la même loi de l'optique : la réflexion totale interne de la lumière dans un jet d'eau.

Ce même principe constitue la base des fibres optiques.

2. Problématique

En télécommunication, la fibre optique permet de réaliser des réseaux à très haut débit (échange de son, image,...). L'information est codée en signal électrique puis transformée en signal lumineux transporté par des fibres optiques.

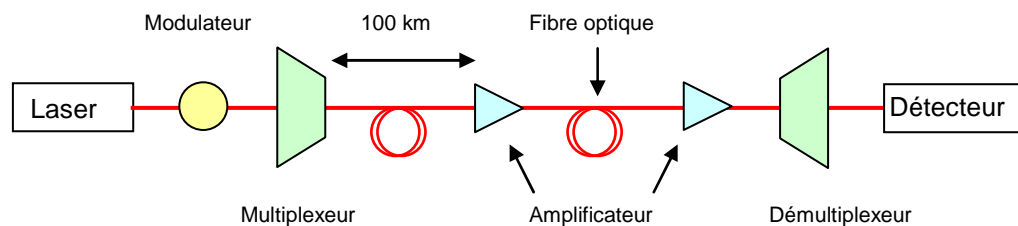


Schéma : Transmission optique par fibre

Comment peut-on transmettre un signal lumineux dans une fibre optique ?

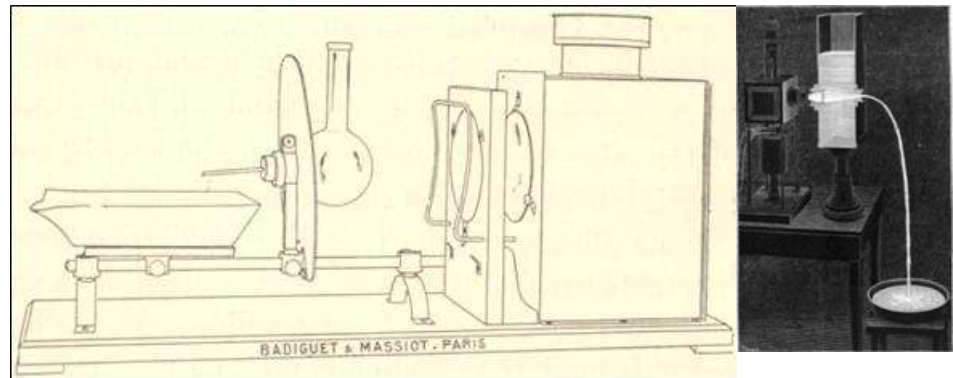
Quelles sont les conditions pour qu'un signal lumineux soit guidé sur des milliers de kilomètres de fibres optiques ?

C'est ce que nous allons étudier à travers ce TP.

3. Un peu d'histoire...

La première fontaine lumineuse semble être celle de Jean Daniel Colladon (1802-1893). Il eut l'idée de concentrer un rayon lumineux provenant d'une lentille à la sortie d'un jet d'eau issu d'un réservoir percé.

Grâce à cette expérience J.D. Colladon mit en évidence que la trajectoire de la lumière piégée dans le jet d'eau n'est pas une droite mais suit la courbe de l'eau. Cette expérience fut le préambule de la création de la fibre optique.



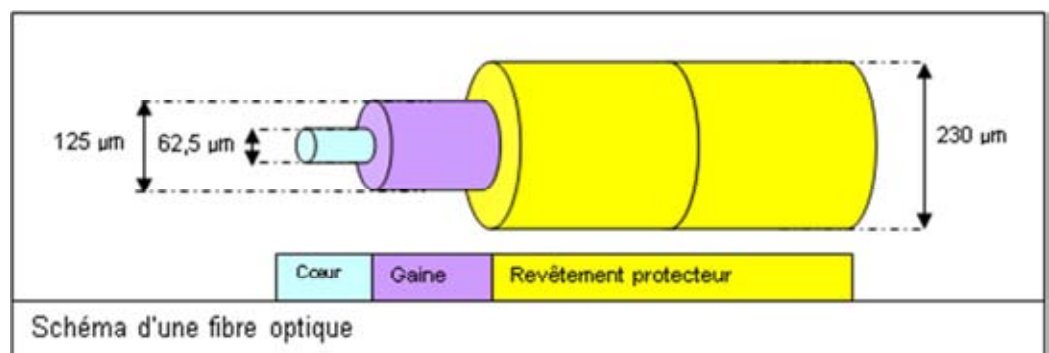
Expérience de la fontaine lumineuse par J.D. Colladon

La fontaine lumineuse permet de mettre en évidence le « guidage » de la lumière par réflexion totale d'une onde comme le ferait une fibre optique.

4. Un peu de cours...

4.1 La fibre optique

Une fibre optique est le plus souvent constituée de deux tubes concentriques transparents en verre de silice, le cœur et la gaine, recouvert d'un revêtement de protection.



4.2 Principe de fonctionnement

Le principe est simple, pour que la lumière puisse être guidée dans une fibre optique, il faut respecter deux conditions :

- Il faut que le milieu 2 entourant le milieu 1 présente un indice de réfraction plus faible. C'est une condition nécessaire à l'obtention de la réflexion totale.
- Il existe une autre condition, les rayons doivent avoir un angle important.

Lors du processus de fabrication le cœur de la fibre, où la lumière se propage, doit avoir un indice légèrement supérieur à celui de la gaine.

4.3 Indice de réfraction

La lumière se propage dans le vide à la vitesse c de 300 000 km/s.

Dans l'eau, sa vitesse est réduite et vaut 225 000 km/s soit 1,33 fois moins vite.

Ce rapport entre la vitesse de la lumière dans le vide (c) et dans un milieu donné (v) est appelé indice de réfraction, noté n .

$$n = \frac{c}{v}$$

Cet indice est toujours supérieur à 1 puisque la vitesse ne peut se propager plus vite que dans le vide.

4.4 Réflexion, réfraction et réflexion totale

Une onde qui change de milieu subit deux phénomènes : la réflexion et la réfraction.

3 rayons sont mis en jeu :

- le rayon incident,
- le rayon réfléchi,
- le rayon réfracté.

4.4.1 Mise en évidence de la réfraction

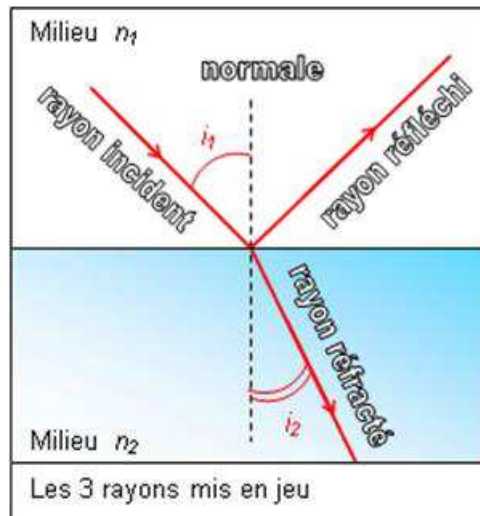
Un rayon incident sur une surface séparant deux milieux d'indices n_1 et n_2 donne naissance à deux rayons :

- un rayon réfléchi,
- un rayon qui se propage dans le milieu 2 : c'est le rayon transmis ou réfracté.

Remarque :

La surface séparant deux milieux transparents d'indices différents est appelée **dioptre**.

Il y a réfraction lorsqu'il y a un changement de la direction de propagation de la lumière quand celle-ci traverse un dioptre.



i_1 : angle d'incidence
 i_2 : angle de réfraction

Loi de Descartes pour la réfraction

Lorsqu'un rayon lumineux passe d'un milieu transparent d'indice n_1 à un milieu transparent d'indice n_2 , le rayon réfracté est dévié d'un angle i_2 tel que :

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$$

4.4.2 Conditions de réfraction. Réflexion totale : passage vers un milieu moins réfringent

a) Réfringence

La réfringence d'un milieu transparent est donnée par son indice de réfraction. Un milieu 1 est plus réfringent qu'un milieu 2 si $n_1 > n_2$.

b) Angle de réfraction limite

On a $n_1 > n_2$ donc $\sin i_1 < \sin i_2$ d'où $i_1 < i_2$.

- Le rayon réfracté s'écarte de la normale.

Lorsque $i_2 = 90^\circ$

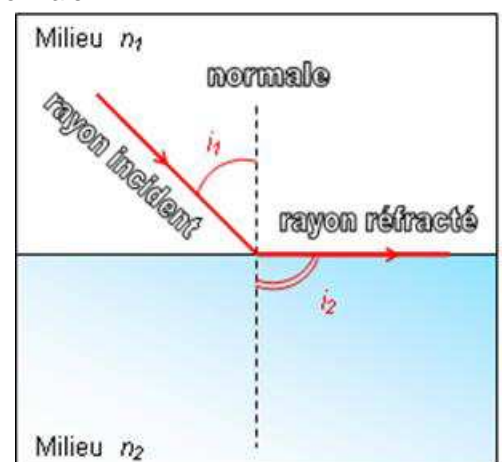
Avec θ : angle de réfraction limite

On a : $n_1 \sin \theta_{\text{lim}} = n_2 \sin i_2$

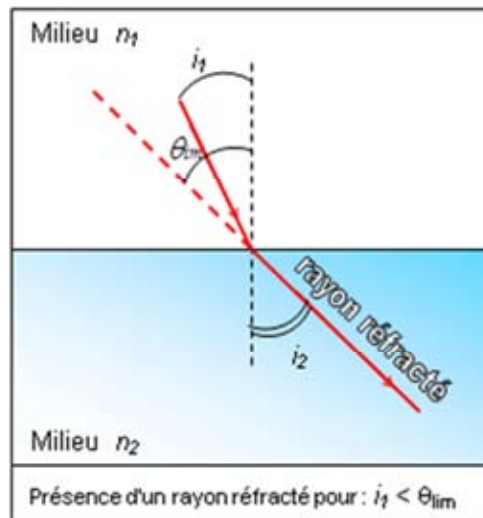
Soit :

$$\sin \theta_{\text{lim}} = \frac{n_2}{n_1}$$

Angle de réfraction limite : θ



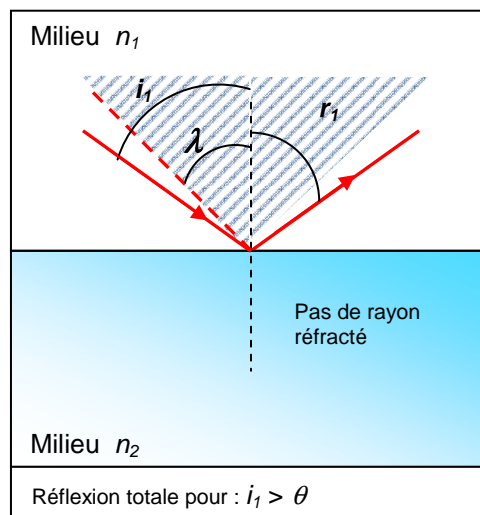
- Lorsque la lumière rencontre un milieu moins réfringent, le rayon incident ne donne naissance à un rayon réfracté que si l'angle d'incidence i_1 est inférieur à l'angle de réfraction limite, $i_1 < \theta$.



- Lorsque l'indice du milieu de réfraction est inférieur à celui du milieu d'incidence il existe un angle au-delà duquel la lumière est totalement réfléchie, c'est la réflexion totale, $i_1 > \theta$.

Le rayon incident se réfléchit totalement, la lumière n'est plus transmise.

Il n'existe plus de rayon réfracté : il y a **réflexion totale**.



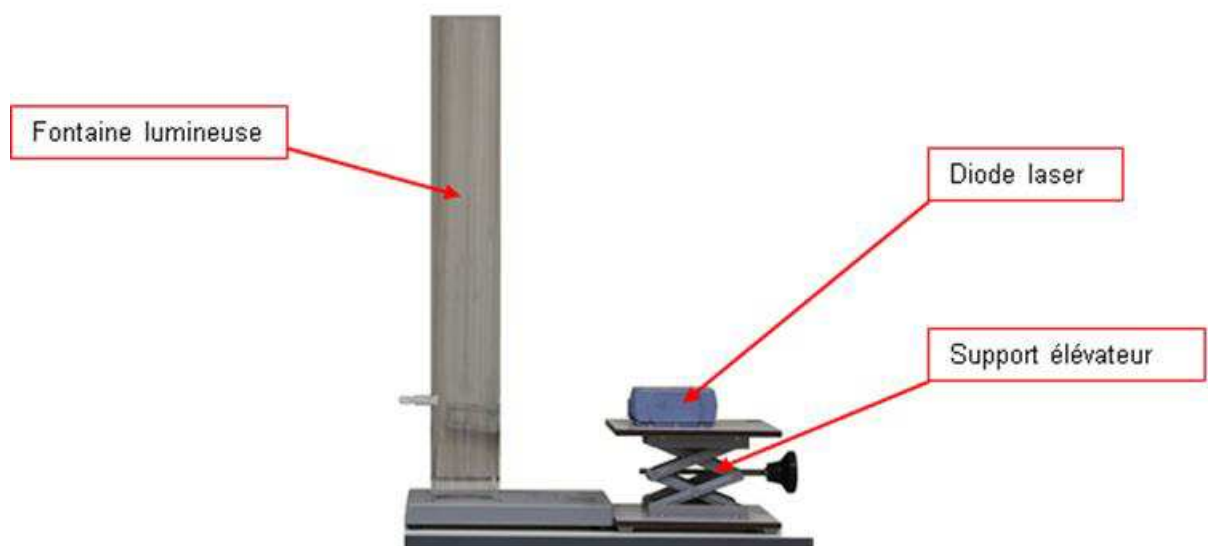
L'angle d'incidence i_1 est égal à l'angle de réflexion r_1 .

5. Activité : la fontaine lumineuse


Liste du matériel nécessaire :

- Fontaine lumineuse Réf. 202 389
- Diode laser 1 mW (classe II) Réf. 201 032
- Support élévateur Réf. 701 002
- Lait

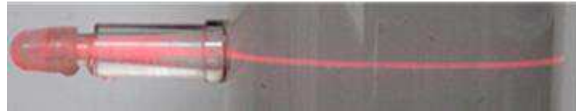
5.1 Réaliser le montage ci-dessous



- Aligner la fontaine, le support et la diode laser (éteinte).
- Remplir la colonne d'eau jusqu'à l'orifice de sortie.
Ne pas oublier le bouchon.
- Verser quelques millilitres de lait (la solution doit être légèrement trouble).
- Allumer la diode laser.

| Attention | |
|---|--|
|  | <p>Danger pour la vue et brûlures de la rétine</p> <p>Ne jamais projeter le faisceau vers un individu.</p> <p>Ne jamais regarder le faisceau de face.</p> |

- Aligner le faisceau de la diode avec l'orifice de la fontaine.
La présence du lait va permettre d'observer le faisceau à travers la colonne.



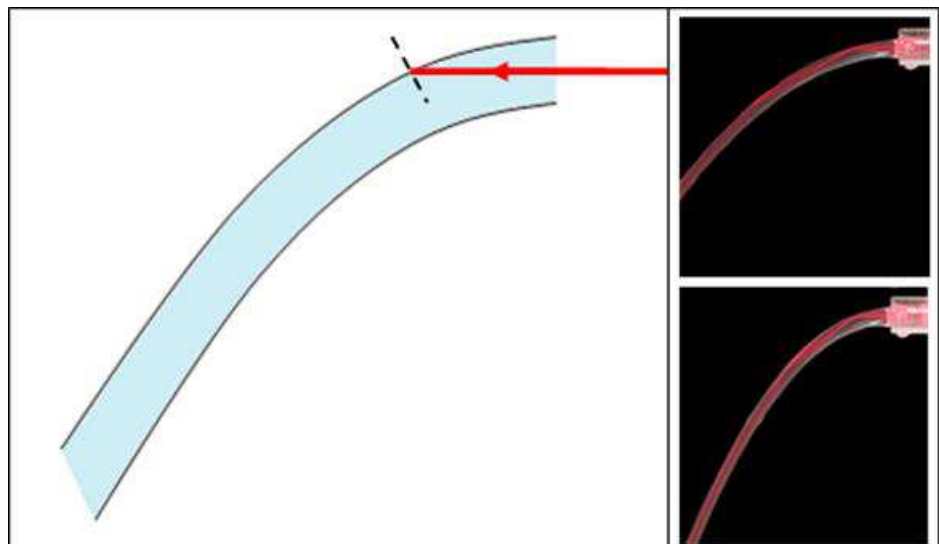
- Remplir d'eau le restant de la colonne.
- Retirer le bouchon et observer le jet d'eau et le faisceau.

5.2 Observations

Quelle est la trajectoire d'un faisceau lumineux dans l'air ?

Quelle est la trajectoire du faisceau lors de l'écoulement de l'eau ?

Compléter le schéma du jet d'eau ci-dessous en traçant la marche du rayon lumineux à l'intérieur de celui-ci. Placer pour chaque réflexion, le point d'incidence et la normale ainsi que le rayon réfléchi.



5.3 Angle de réfraction limite

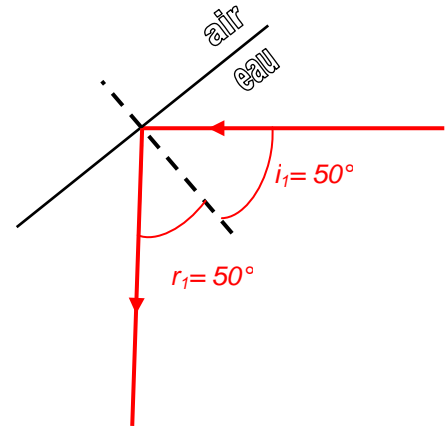
Calculer l'angle de réfraction limite θ_{lim} pour le dioptré eau/air

Indices : $n_{\text{air}} = 1$
 $n_{\text{eau}} = 1,33$

$$\sin \theta = \frac{n_{\text{air}}}{n_{\text{eau}}} = \frac{1}{1,33}$$
$$\theta = 48,7^\circ$$

5.4 Angle d'incidence et angle de réfraction limite

Observer la photo ci-dessous. Mesurer la valeur de l'angle d'incidence i_1 ?
 Tracer le rayon réfléchi.



Si l'eau coulait encore, que se passerait-il ?

L'angle d'incidence serait inférieur à l'angle limite ($i_1 < \theta$), il n'y aurait plus réflexion totale.

6. Et la fibre optique...

Indices d'une fibre optique :

- coeur : 1,52
- gaine : 1,24

Quelles sont les deux conditions de réfraction totale ?

- Réfringence du milieu $n_1 > n_2$
- L'angle d'incidence doit être supérieur à l'angle de réfraction limite

Calculer l'angle limite de réfraction au dioptré cœur/gaine.

$$\sin \theta = \frac{n_{\text{gaine}}}{n_{\text{coeur}}} = \frac{1,24}{1,52}$$

$$\theta = 54,67^\circ$$

Trajet d'une onde lumineuse dans une fibre optique.
 Angle d'incidence en O : 45°

- Calculer l'angle de réfraction en O.

$$n_{\text{air}} \sin i_o = n_{\text{coeur}} \sin i_1$$

$$\sin i_1 = \frac{n_{\text{air}} \sin i_o}{n_{\text{coeur}}} = \frac{1 \times \sin 45^\circ}{1,52}$$

$$i_1 = 27,7^\circ$$

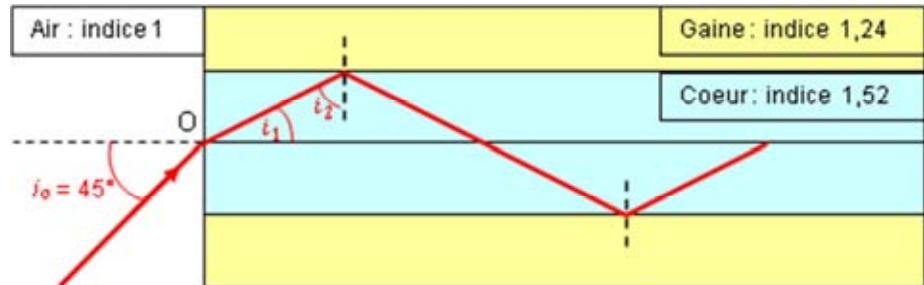
- Calculer l'angle \hat{I} au dioptré cœur/gaine lorsque le faisceau réfracté est dans le cœur de la fibre.

$$i_2 = 90 - 27,7 = 62,3^\circ$$

- Le rayon sera-t-il totalement réfracté ?

$i_2 > \lambda$, Le rayon sera totalement réfléchi

- Tracer le rayon.



6.1 Angle d'incident en O : 65°

- Calculer l'angle de réfraction en O

$$n_{\text{air}} \sin i_o = n_{\text{cœur}} \sin i_1$$

$$\sin i_1 = \frac{n_{\text{air}} \sin i_o}{n_{\text{cœur}}} = \frac{1 \times \sin 65^\circ}{1,52}$$

$$i_1 = 36,6^\circ$$

- Calculer l'angle \hat{I} à l'interface gaine / cœur.

$$i_2 = 90 - 36,6 = 53,4^\circ$$

- Le rayon sera-t-il totalement réfracté ?

$i_2 < \lambda$, Il n'y aura pas réflexion totale.

7. Service après-vente

La garantie est de 2 ans, le matériel doit être retourné dans nos ateliers.

Pour toutes réparations, réglages ou pièces détachées, veuillez contacter :

JEULIN - SUPPORT TECHNIQUE

468, rue Jacques Monod
 CS 21900
 27019 EVREUX CEDEX France
0 825 563 563*

* 0,15 € TTC/min. à partir un téléphone fixe

Assistance technique en direct

Une équipe d'experts
à votre disposition
du lundi au vendredi
de 8h30 à 17h30

- Vous recherchez une information technique ?
- Vous souhaitez un conseil d'utilisation ?
- Vous avez besoin d'un diagnostic urgent ?

Nous prenons en charge
immédiatement votre appel
pour vous apporter une réponse
adaptée à votre domaine
d'expérimentation :
Sciences de la Vie et de la Terre,
Physique, Chimie, Technologie.

Service gratuit*

0 825 563 563 choix n°3**

* Hors coût d'appel. 0,15 € TTC/min à partir d'un poste fixe.
** Numéro valable uniquement pour la France
métropolitaine et la Corse. Pour les DOM-TOM et les EFE,
composez le +33 2 32 29 40 50.

Aide en ligne
FAQ.jeulin.fr

Direct connection for technical support

A team of experts
at your disposal
from Monday to Friday
(opening hours)

- You're looking for technical information ?
- You wish advice for use ?
- You need an urgent diagnosis ?

We take in charge your request
immediately to provide you
with the right answers regarding
your activity field : Biology, Physics,
Chemistry, Technology.

Free service*

+33 2 32 29 40 50**

* Call cost not included.
** Only for call from foreign countries.



468, rue Jacques-Monod, CS 21900, 27019 Evreux cedex, France
Métropole • Tél : 02 32 29 40 00 - Fax : 02 32 29 43 99 - www.jeulin.fr - support@jeulin.fr
International • Tél : +33 2 32 29 40 23 - Fax : +33 2 32 29 43 24 - www.jeulin.com - export@jeulin.fr
SAS au capital de 1 000 000 € - TVA intracommunautaire FR47 344 652 490 - Siren 344 652 490 RCS Evreux